



IMPULSANDO LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA CONSTRUCCIÓN: **BUILDING INFORMATION MODELLING** EN CHILE

Alison Cathles
Pauline Henriquez Leblanc
Claudia Suaznábar

Banco Interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20577
www.iadb.org

Copyright © 2023 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia y requieren un acuerdo de licencia adicional.

Nótese que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Resumen*

Si bien se ha reconocido que la productividad de la industria de la construcción es de vital importancia para las economías de la región de América Latina y el Caribe, y que el crecimiento de su productividad depende de la adopción de tecnologías digitales, hay escasa información sobre el rol del sector público en fomentar esa adopción en el sector. Este estudio de caso detallado sobre la adopción de Building Information Modelling (BIM) en Chile identifica los retos y oportunidades de una intervención pública. Entre ellos, y de gran relevancia para el resto de la región, se destaca el papel crucial de la coordinación dentro del sector público, para que actúe como catalizador de apoyo consistente para la adopción de tecnologías digitales que mejoren la productividad en el sector privado.

Clasificación JEL: construcción, desarrollo económico, innovación, cambio tecnológico y crecimiento, elección de la tecnología

Códigos JEL: L74; O; O14

* Los autores desean agradecer a Carolina Soto Ogueta y Sebastián Manríquez, de Planbim, y a Nayib Tala González, por sus útiles comentarios. También extienden su agradecimiento a Gabriela Álvarez Borbón, quien actualizó los datos del chequeo digital para el gráfico 2.

Contenido

1	Introducción	1
2	Desafíos del sector de la construcción en Chile	3
2.1	Bajo nivel de productividad	3
2.2	Bajo nivel de digitalización e innovación	5
2.3	Falta de eficiencia y sobrecostos en la obra pública	6
2.4	Alto impacto ambiental	6
3	Building Information Modelling	8
3.1	Definición de BIM	8
3.2	Adopción de BIM en Chile	8
3.3	Beneficios de BIM	9
3.3.1	Beneficios económicos	10
3.3.2	Beneficios ambientales	13
4	Iniciativas BIM destacadas en el mundo	16
5	El Programa Construye 2025	21
6	Planbim Corfo	24
6.1	Logros de Planbim hasta 2022	26
7	¿Qué falta por hacer?	28
8	Referencias	31

1 Introducción

El sector de la construcción es crucial para acelerar la recuperación económica en la región. Lograr ganancias de productividad para las empresas de dicho sector puede traducirse en mejores ingresos y una mayor contribución al producto interno bruto (PIB). No se trata solo de beneficios en términos de eficiencia ni de una mejora de la productividad concentrados en unas pocas empresas grandes, sino también de innovación, de creación de nuevos productos y servicios ([Mischke et al., 2021](#)), de una mayor resiliencia de las obras y de encarar un proceso de “reconstrucción mejorada” que reduzca el daño ambiental ([OCDE, 2020](#)).

A nivel mundial, lo que impulsa el crecimiento de la productividad del sector de la construcción comprende aspectos como la digitalización, la eficiencia operativa y la industrialización ([Mischke et al., 2021](#)). El uso de Building Information Modelling (BIM), una metodología que permite obtener una representación digital compartida de las características físicas y funcionales de cualquier objeto construido, facilita la toma de decisiones y la coordinación en distintas fases de las obras. El uso de BIM impacta precisamente en tres elementos: digitalización, eficiencia operativa e industrialización. BIM tiene aplicaciones transdisciplinarias que abarcan la arquitectura, la ingeniería, la construcción, y la operación y el mantenimiento.

De acuerdo con un estudio reciente de la Comisión Nacional de Productividad, en 2019 la brecha de productividad del sector chileno de la construcción representó un 1,6% del PIB (US\$4.500 millones). En función de los grandes esfuerzos de inversión que ha realizado el país para promover la digitalización del sector, en particular a través de la incorporación de la metodología BIM, con el impulso de Planbim Corfo¹ desde 2016, se presenta una oportunidad de capitalizar dicha inversión como parte de las iniciativas emprendidas para la recuperación económica posterior a la pandemia de COVID-19.

Si, además, se considera la contribución significativa del sector a las emisiones de carbono, como gran consumidor de materias primas y productor de residuos, la transformación digital puede tener también un impacto ambiental positivo. En todo el mundo, la construcción contribuye con alrededor del 37% de las emisiones mundiales de CO₂ ([AIE, 2020](#)). Debido a la urgencia de los desafíos climáticos globales y al propio compromiso de Chile para abordar estos retos, como lo demuestran los objetivos de reducción de emisiones establecidos en el [Programa Estratégico Nacional en Productividad y Construcción Sustentable 2014](#) y la [Estrategia Climática de Largo Plazo](#)

1. Planbim Corfo es un programa impulsado por la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo) de Chile en el marco de la iniciativa Construye 2025 para el desarrollo y la operación de proyectos de edificación e infraestructura pública, y también para la incorporación de BIM en proyectos privados. Para más detalles acerca de Planbim Corfo, véase la sección 6 de este documento.

[de Chile: Camino a la Carbono Neutralidad y Resiliencia a Más Tardar al 2050](#), este es el momento de aprovechar con mayor fuerza los beneficios ambientales derivados del uso de la metodología BIM para lograr estos objetivos.

En la sección 2 se expone una descripción del estado actual del sector de la construcción en Chile y sus distintos retos. En la sección 3 se describe en detalle la metodología BIM, mientras que en la sección 4 se destacan las actividades internacionales relacionadas con esta metodología. Por su parte, la sección 5 contiene un desglose de la intervención pública aplicada en Chile y la sección 6 se enfoca particularmente en Planbim Corfo. Los detalles del caso sirven para mostrar lo que se ha logrado hasta ahora y lo que todavía se puede hacer para aprovechar el impulso y los avances ya realizados y seguir progresando aún más (sección 7). El documento puede leerse también en términos más generales: se trata de un caso clásico en el cual la adopción tecnológica tiene serios costes de inversión (por ejemplo, en cuanto a las capacidades y la experimentación ligada a la incertidumbre tecnológica), que pueden actuar como barreras para dicha adopción, y se expone cómo el apoyo público puede abordar una amplia gama de esas limitaciones para apoyar al sector privado en un esfuerzo por mejorar la innovación y la productividad del sector.

2 Desafíos del sector de la construcción en Chile

En 2021, el sector de la construcción chileno generó cerca del 8% de los empleos (CChC, 2021) (más de 789.000) y contribuyó en un 6,6 % del PIB (Banco Central de Chile, 2022). De acuerdo con Construye 2025, participaron más de 30.000 empresas del rubro, con una inversión estimada en construcción de 702 millones de unidades de fomento (UF), cifra equivalente a más de 13 millones de m² construidos ([CChC, 2022](#)).

Chile enfrenta grandes desafíos en el sector de la construcción, los cuales se relacionan con los siguientes puntos: i) baja productividad, ii) bajos niveles de digitalización e innovación, iii) falta de eficiencia de los procesos constructivos, lo cual genera atrasos y sobrecostos significativos en la obra pública y iv) un alto impacto ambiental. Estas deficiencias se analizan a continuación.

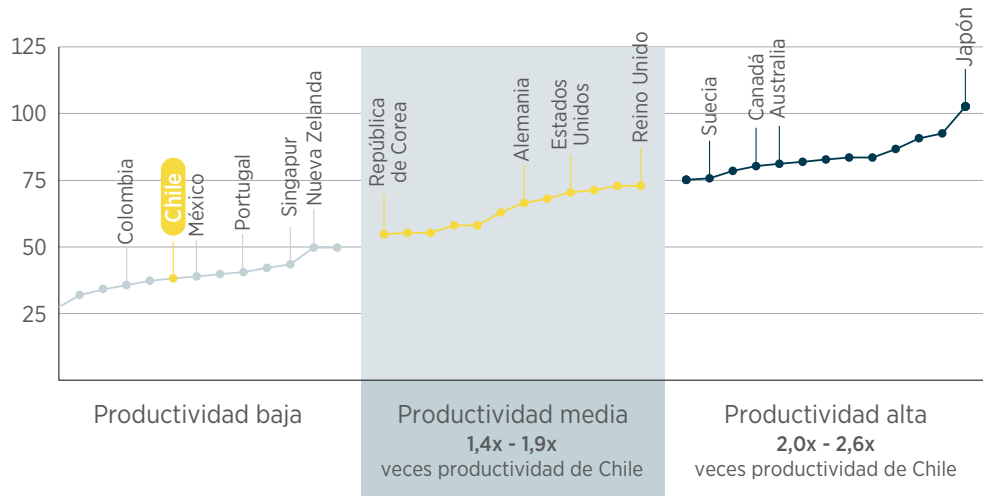
2.1 Bajo nivel de productividad

Desde 2000 hasta 2018, la productividad laboral de la construcción en Chile, en términos de valor agregado por hora trabajada (millones de dólares por hora), ha permanecido de manera permanente por debajo del resto de la economía del país y la brecha sigue creciendo. Además, como se muestra en el gráfico 1, la productividad del sector continúa siendo más baja que la de la mayoría de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE): entre 1,4 y 1,9 veces más baja que la productividad del grupo de países con productividad media, y entre 2,0 y 2,6 veces más baja que la del grupo de países con alta productividad. En el origen de la baja productividad puede haber muchos factores; por ejemplo, bajos niveles de innovación y digitalización, ineficiencia, capital humano insuficientemente calificado, escasez de capacidades de gestión. A continuación, se destacan los elementos capaces de contribuir a la baja productividad y que pueden ser abordados con la adopción de la tecnología BIM.

GRÁFICO 1 PRODUCTIVIDAD LABORAL EN LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE

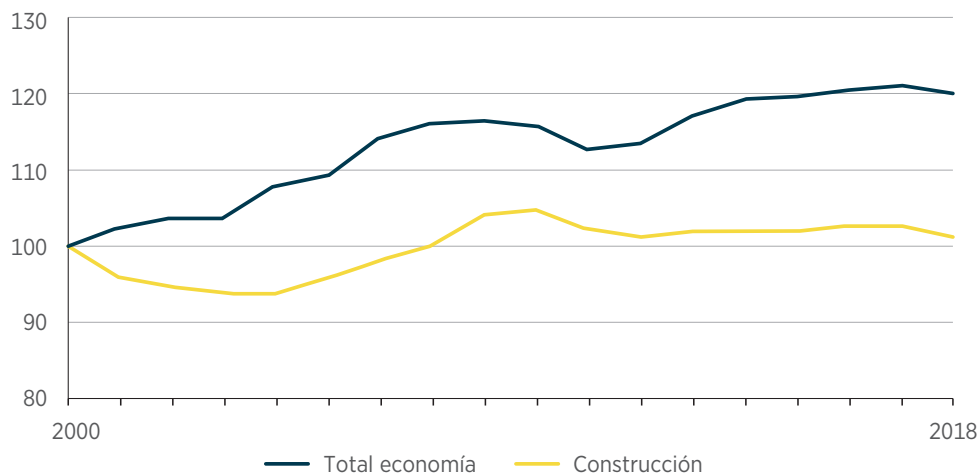
Productividad laboral en la construcción, valor agregado por trabajador

Miles de dólares por trabajador, 2017
(precios constantes, ajustados por paridad del poder adquisitivo)



Productividad laboral de la industria de la construcción en Chile

Valor agregado en la industria por hora trabajada
en millones de dólares por hora (base 100), 2000-18

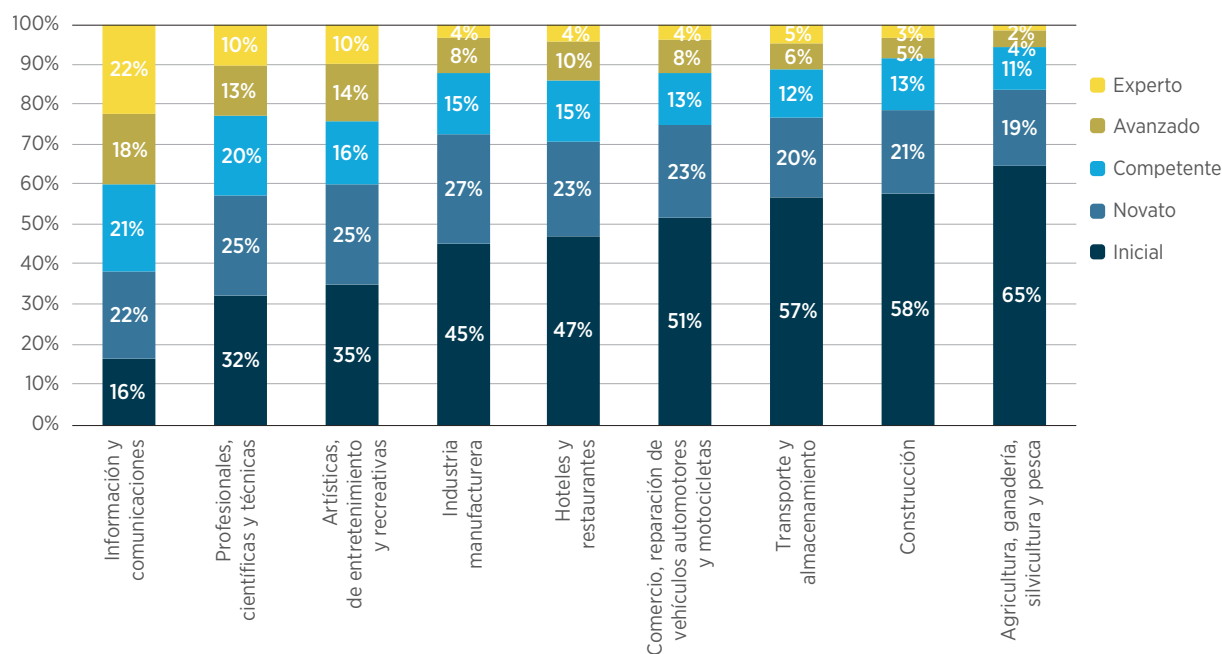


Fuente: CChC y Matrix Consulting (2020: 6 y 63).

2.2 Bajo nivel de digitalización e innovación

El nivel de digitalización de las empresas del sector de la construcción en Chile es heterogéneo y presenta brechas de madurez digital, en comparación con otros sectores, que varían según el tamaño de las firmas. Un reciente análisis de medición de la madurez digital empresarial en Chile encontró que, en 2021, las firmas del sector de la construcción eran en promedio menos maduras que el promedio nacional: cerca de un tercio de estas se consideró principiante frente a alrededor de un cuarto a nivel nacional (CDT, 2021). Este mismo estudio muestra que la adopción de tecnologías digitales es mucho menos frecuente entre las pequeñas empresas y microempresas del sector de la construcción, en comparación con las grandes empresas del sector (CDT, 2021). En la misma línea, otras fuentes de información con foco en micro y pequeñas empresas sugieren que el 68% de las firmas del sector se hallan en las etapas iniciales de la digitalización (véase el gráfico 2), el porcentaje más alto de todos los sectores analizados y solo igualado por el sector transporte y almacenamiento.

GRÁFICO 2 MADUREZ DIGITAL DE LAS PEQUEÑAS EMPRESAS EN CHILE, CONSTRUCCIÓN Y OTROS SECTORES



Fuente: Elaborado por el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo con base en datos del Chequeo Digital de Chile, junio de 2022.

Adicionalmente, al igual que sucede en otras partes del mundo, los niveles de inversión en innovación en la industria de la construcción chilena también son bajos. En efecto, según la Encuesta de Innovación de 2017, la tasa de innovación en el sector de la construcción ascendía al 17% (Smartdataconstruccion.cl), en comparación con aproximadamente un 30% de una muestra representativa de las empresas del país según la Encuesta de Innovación Chile 2015 ([Crespi et al., 2022](#)).

2.3 Falta de eficiencia y sobrecostos en la obra pública

Del análisis del comportamiento de los (700) contratos del Ministerio de Obras Públicas (MOP) para la ejecución de obras públicas directamente financiadas por el Estado entre 2005 y 2015, se puede establecer que el 98,3% de los contratos presentó desviaciones de tiempo y costos. Los proyectos tardaron entre un 30% y un 40% más de lo acordado y más del 50%² sufrió alzas de hasta el 12%³ en términos de costos, lo cual significó pérdidas superiores a los US\$240 millones en el período, cifra equivalente a la construcción de cuatro o cinco hospitales de nivel 3, o 14 escuelas de 10.000 m², o más de 6.000 viviendas sociales (Tala González, 2015). Las principales causas de alteraciones y los cambios se relacionan con la necesidad de adecuar los proyectos a las condiciones específicas del terreno, la falta de definiciones en los requerimientos técnicos, ajustes del alcance de los propios proyectos, ajustes a requerimiento normativo (seguridad, técnico u otro) y modificaciones incorporadas en forma tardía.⁴

2.4 Alto impacto ambiental

Si bien no existe un registro oficial de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el país, un informe de la CChC (2019) estima que el sector es responsable del 23% del total, según la siguiente distribución: un 17% en los procesos constructivos (un 9% en transporte de carga y uso de maquinarias especializadas, y un 8% en la producción de insumos), y un 6% en el uso de energía del sector comercial, público y residencial. En la Unión Europea (UE), por ejemplo, las emisiones de GEI correspondientes a la extracción de materiales y la fabricación de productos de construcción, así como la construcción y la renovación de edificios, se estiman en un 5%-12% de

2. Equivale al 50% de la inversión del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) para 2022, Subtítulo 31 de la Ley de Presupuesto 2022 (Tala González, 2015).

3. Equivale al 12% de la inversión del Ministerio de Obras Públicas (MOP) para 2022, Subtítulo 31 de Ley de Presupuesto 2022 (Tala González, 2015).

4. El 70% de las causas de mayor influencia detectadas se relaciona con falencias en las fases anteriores del ciclo de vida del proyecto (perfil o diseño). El 24% de los cambios atañe a situaciones técnicas de los proyectos, y en su mayoría se debe a la falta de idoneidad de la solución planteada respecto de las condiciones reales; un 25% de estos casos se produce por situaciones constructivas no previstas y el restante 75%, por las necesidades de mejorar la solución. Esto puede deberse a fallas en la coordinación y validación del cierre de las fases del proyecto y/o a la pobre transferencia de conocimiento entre los equipos a cargo de cada fase del desarrollo.



las emisiones nacionales totales de GEI ([Comisión Europea, s/f](#)). Estos datos no contabilizan las altas emisiones generadas por la operación de los edificios. Además, el sector de la construcción es responsable de más del 35% de la generación total de residuos de la UE y produce 374 millones de toneladas de residuos de la construcción y demolición (RCD) ([Comisión Europea, 2021](#)). En Europa, de hecho, la construcción es uno de los cinco sectores con mayor potencial de reducción de emisiones gracias a las tecnologías digitales ([Digital Europe, 2021: 7](#)).

3 Building Information Modelling

3.1 Definición de BIM

BIM es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual. BIM puede ser utilizado en los procesos de diseño, construcción y operación de una edificación o infraestructura, aumentando la eficiencia, y facilitando la reducción de costos y tiempos de ejecución. De esta manera, su empleo puede beneficiar tanto a las empresas participantes del proyecto como a los mandantes (públicos o privados) y a los usuarios finales (Planbim Corfo, 2022).

Comúnmente, el término se utiliza para referirse a los *softwares* paramétricos que facilitan la generación de modelos tridimensionales que, además de contener la información geométrica de los proyectos (su forma), incluyen información no geométrica, por ejemplo: materiales, costos, comportamiento energético y físico, tiempos de construcción, etc. Si bien esta acepción del término es correcta, vale destacar que BIM va mucho más allá del *software* y de los modelos tridimensionales. Las tecnologías BIM permiten producir y gestionar información mediante modelos a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto. Por otra parte, las metodologías, basadas en estándares, hacen posible compartir esta información de manera estructurada entre todos los actores involucrados, fomentando el trabajo colaborativo e interdisciplinario, con lo cual se otorga valor agregado a los procesos de la industria⁵ (Planbim Corfo, 2022).

3.2 Adopción de BIM en Chile

Según la Encuesta Nacional BIM, la adopción de BIM en la industria de la construcción ha aumentado en los últimos años. En 2019, un 34% de los encuestados declaró usar BIM de manera regular, en comparación con un 23% en 2013.⁶ Este incremento representa un alza anual de aproximadamente un 7%, lo cual ostenta un signo positivo, pero es menor a la suba anual promedio de penetración en países como Nueva Zelanda y Reino Unido ([CChC y Matrix Consulting, 2020: 229](#)). En consonancia con las brechas de madurez digital por tamaño de empresa, el análisis del

5. El hecho de contar con información centralizada, estructurada, compartida y actualizada permite, entre otras cosas, lograr una mayor coordinación y colaboración entre los especialistas involucrados en cada proyecto; tomar decisiones informadas; detectar conflictos y mitigar los riesgos; facilitar una construcción más eficiente, reduciendo las pérdidas de recursos; optimizar las herramientas, recursos humanos y materiales del proyecto; supervisar el nivel de detalle de la información y mejorar el traspaso de dicha información para la operación, lo cual facilita el mantenimiento durante el ciclo de vida del activo, y mucho más.

6. Los resultados de la última encuesta de 2022 están próximos a publicarse.

Índice de Transformación Digital en la Construcción (ITDC) ([CDT, 2021](#)) basado en 258 empresas del sector de la construcción en Chile muestra que casi el 40% de las grandes empresas utiliza BIM, pero que solo el 28% de las pequeñas y medianas y el 20% de las microempresas lo hacen ([CDT, 2021](#)).

Por otra parte, según la plataforma MIBIM de Chile, herramienta de apoyo metodológico diseñada por Planbim Corfo que permite que las organizaciones del país realicen una autoevaluación objetiva del estado actual en que se encuentra la incorporación de BIM en sus procesos, el desglose del nivel de madurez BIM organizacional de las 211 entidades que finalizaron su autoevaluación es el siguiente:

- Promedio general de todas las organizaciones autoevaluadas: 1,7 en una escala de 0 a 5 (equivalente al 21,5% de las acciones).
- Promedio de las organizaciones públicas autoevaluadas: 1,3 en una escala de 0 a 5 (equivalente al 11,4% de las acciones).
- Promedio de las organizaciones privadas (empresas) autoevaluadas: 2,4 en una escala de 0 a 5 (equivalente al 36,21% de las acciones).
- Promedio de las organizaciones académicas autoevaluadas: 2,1 en una escala de 0 a 5 (equivalente al 32% de las acciones).

3.3 Beneficios de BIM

En el ámbito internacional existe evidencia que muestra que un sector de la construcción más digitalizado e industrializado (incluyendo el empleo de elementos prefabricados) tiende a ser más productivo ([CChC y Matrix Consulting, 2020: 26](#)). También hay evidencia que indica que el uso de BIM específicamente puede desempeñar un papel crucial en el aumento de la productividad de la industria de la construcción. Definir el impacto de BIM es un desafío no solo por la amplia gama de metodologías de cálculo de reducción de costos y beneficios asociados (que comprenden, entre otros elementos, la unidad de medida y el período contemplado), sino también porque estos impactos pueden variar según el nivel de experiencia en BIM ([Hoffer, 2016](#)) de los usuarios. ([Franz y Messner, 2017](#)) identificaron el valor potencial de BIM a lo largo de las diferentes fases de un proyecto de construcción.⁷ PwC desarrolló una herramienta para medir el valor económico de BIM y, entre los diversos usos de BIM durante todo del ciclo de vida de un proyecto, identificó 117 “vías de beneficios” diferentes, o formas en que BIM puede generar beneficios cuantificables ([Walker, 2019](#)). De acuerdo con la literatura, los beneficios de BIM se pueden clasificar en dos

⁷ Se puede acceder fácilmente a los recursos y capacidades necesarios correspondientes en el sitio web de Pennsylvania State University, [aquí](#).

grupos: i) económicos (aumentos de la productividad, retornos de la inversión y mejoras en la coordinación, sumados al ahorro por costes adicionales, la reducción de costos, y la eficiencia y los ahorros fiscales en el caso de la construcción pública) y ii) ligados a impactos ambientales positivos. Ambos se explican a continuación.

3.3.1 Beneficios económicos

Aumentos de la productividad, retornos de la inversión y mejoras en la coordinación

Varios trabajos han arrojado resultados significativos que relacionan BIM con mejoras en varias dimensiones, como la productividad, los retornos de la inversión y otras métricas más intangibles, una mayor cohesión entre los miembros del equipo, y mejoras en la coordinación y los flujos de información. Véase el cuadro 1 para un breve resumen de los estudios seleccionados de la literatura. En algunos países, los beneficios percibidos de BIM han estimulado una impresionante adopción a lo largo de los años; por ejemplo, en Nueva Zelanda se ha duplicado la proporción estimada de proyectos de la industria que utilizan BIM desde 2014, cifra que ha aumentado desde un poco más de un tercio (34%) a más de dos tercios (68%) en 2020 ([EBOSS, 2020](#)).

CUADRO 1 BENEFICIOS DE BIM

ESTUDIO (AUTORES, AÑO)	PAÍS-REGIÓN	PERÍODO DE ANÁLISIS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Poirier, Staub-French y Forgues (2015)	Canadá	2013-14	Estudio de caso longitudinal	Las áreas que fueron modeladas con BIM y prefabricadas mostraron un aumento de la productividad de entre el 75% y el 240% con respecto a las áreas no modeladas con BIM.
Berlak, Hafner y Kuppelwieser (2021)	Alemania	n.d.	Modelo teórico, verificado por expertos	El uso del BIM se asoció con un incremento de la productividad del 4%-8%, modelado como un caso de estudio de un típico proyecto de construcción de edificios a gran escala en la industria de la construcción de edificios de Alemania.
Azhar (2011)	Estados Unidos	2005-07	Análisis detallado de 10 proyectos ejecutados por Holder Construction Company	Mostró un retorno de la inversión promedio para proyectos del 634%.

(continúa en la página siguiente)

Cuadro 1 (continuación)

ENCUESTAS	PAÍS-REGIÓN	PERIODO DE ANÁLISIS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Encuesta BIM del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	América Latina	2020	747 respuestas	Ocho de cada 10 empresas encuestadas afirmaron estar recibiendo un valor superior a los recursos invertidos para implementar BIM, mayoritariamente entre un 10% y un 50% de retorno sobre sus inversiones.
Dodge Data Analytics (2017)	Alemania, Estados Unidos, Francia, Reino Unido	2016-17	368 profesionales del diseño y la construcción respondieron a la encuesta en línea	La mayoría (cerca de un 66%) estimó un retorno positivo de la inversión generada por el uso de BIM, y aproximadamente la mitad informó un retorno de la inversión superior al 25%.
EBOSS (2020)	Nueva Zelanda	2014-20	46 empresas	Los tres principales beneficios de BIM indicados por los encuestados de la industria se centraron en una mejor coordinación, la identificación de problemas o conflictos antes de que lleguen al sitio, y la optimización del tiempo, los costos y los flujos de trabajo.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de la literatura analizada.
n.d.: no disponible.

Según la [Encuesta BIM de América Latina y el Caribe 2020](#) (Lacaze, 2020),⁸ se destacan las siguientes conclusiones adicionales:

- Sobre la base de 747 casos relevados, se destacó una percepción de beneficios ampliamente positiva dentro de las empresas usuarias.
- El 99,5% de las firmas consultadas declaró estar generando valor a partir del trabajo con esta metodología, así como la percepción de beneficios relacionados con el desempeño de los proyectos y a nivel organizacional. La creación de valor en el caso de BIM fue mayor en las empresas con más años de experiencia en su utilización y con el uso de estándares de trabajo.
- En cuanto a los beneficios ligados al proyecto, las mejoras más frecuentemente citadas fueron la reducción de conflictos de coordinación durante la etapa de obra (79,2% de las empresas consultadas), la disminución de errores y omisiones en la documentación de obra (76,7%) y la reducción de retrabajos (72,7%), lo que se traduce en una significativa disminución de pérdidas en términos de insumos y de horas trabajadas.

8. Se trata de la primera encuesta regional de empresas del sector de la construcción realizada en América Latina y el Caribe.

Ahorros por evitar costes adicionales y reducción de costos

En general, aunque es difícil de cuantificar, existe una porción muy alta de tiempo perdido en actividades sin valor agregado en la construcción. Según [Aziz y Hafez \(2013\)](#), en la construcción se desperdicia el 57% del tiempo, lo que deja únicamente productivo un 43%, en comparación con solo el 12% del tiempo perdido en el sector manufacturero. Este tiempo perdido representa una parte significativa del costo de producción y, en general, contribuye al agotamiento de la productividad en la industria de la construcción ([Aziz y Hafez, 2013](#)). El tiempo improductivo suele estar asociado a retrasos y al trabajo duplicado. La metodología BIM ayuda a reducir los costos y sobrecostos de las obras en todo el ciclo de vida. A nivel mundial, un estudio del Foro Económico Mundial (FEM) indica que la adopción de BIM puede generar ahorros de entre el 15% y el 25% en el mercado mundial de infraestructura entre 2017 y 2025 (FEM, 2016). Sin embargo, la medición de impactos puede subestimar la verdadera reducción de costos (evitada). [Bryde, Broquetas y Volm \(2013\)](#) analizaron 35 proyectos de construcción que utilizaron BIM y descubrieron que la reducción de costes, el control del ciclo de vida del proyecto y el ahorro significativo de tiempo son los beneficios más frecuentes. Cuando se analizan las ventajas de BIM, en particular los retornos de la inversión, se observa que no siempre es posible evaluar los factores intangibles que son importantes para un proyecto o una empresa, como los costos evitados o las mejoras en materia de seguridad ([Hoffer, 2016](#)).

[Gallaher et al. \(2004\)](#) estimaron que el costo de la interoperabilidad inadecuada en la construcción y operación de edificios comerciales/institucionales y las instalaciones industriales de Estados Unidos ascendía a US\$15.800 millones al año. En su informe, detallan: “modelos BIM que conecten archivos CAx a la gestión de las instalaciones y a los sistemas de control de la construcción darían como resultado una administración más eficaz de las instalaciones en todas las fases del ciclo de vida” ([Gallaher et al., 2004: 7-5](#)). En el caso del sector de las edificaciones de Chile, la digitalización, de la cual BIM es una parte importante, podría generar ahorros de entre un 4,4% y un 6,8% de los costos (estimaciones realizadas sobre la base de casos de referencia internacionales) por proyecto ([CChC y Matrix Consulting, 2020: 23](#)). También puede tener un impacto positivo en los tiempos de ejecución. Por ejemplo, la empresa nacional de Chile Icafal declaró que con el uso de BIM Nivel 2 logró reducir los costos de obras extras y los plazos en aproximadamente un 30% con respecto a proyectos sin BIM ([CChC y Matrix Consulting, 2020: 226](#)).

Eficiencia y ahorros fiscales en la construcción pública

En los proyectos de construcción pública, los atrasos y sobrecostos se suman a los costos reales y al final el proceso resulta muy oneroso para los contribuyentes. [PwC \(2018a\)](#) desarrolló una metodología de medición de beneficios para su utilización por clientes del sector público de la construcción y propietarios de activos que busquen valorar los beneficios a nivel de proyecto del

uso de BIM Nivel 2. PwC aplicó su metodología a dos proyectos del sector público seleccionados como casos de prueba: uno inmobiliario y uno de infraestructura. De acuerdo con el análisis, BIM generó ahorros equivalentes hasta el 3% del costo total en todo el ciclo de vida de los proyectos ([Walker, 2019](#)). Si bien inicialmente la cifra puede parecer reducida, [Walker \(2019\)](#) argumenta que es un límite inferior y que, incluso con este ahorro relativo, si BIM se aplicase al Proyecto Nacional de Infraestructura y Construcción de Reino Unido, podría generar beneficios para la economía de alrededor de £430 millones al año. Asimismo, se observó que más del 70% de los beneficios se generó durante la fase de operación de los proyectos. Utilizando el proceso BIM y otras iniciativas para reducir el coste de los proyectos de construcción pública entre 2009 y 2015, la política generó ahorros de entre el 15% y el 20% de los costes de construcción para los contribuyentes de Reino Unido: £855 millones en 2014-15 ([Oficina de Gabinete del Reino Unido, 2015](#)). Según el Manual del EU BIM Task Group para la introducción de la metodología BIM, se estima que, debido a las ganancias de productividad de la digitalización mencionadas anteriormente, se puede generar un ahorro de €130.000 millones ([EU BIM Task Group, 2017](#)) en el sector público europeo, principal cliente del sector de la construcción.

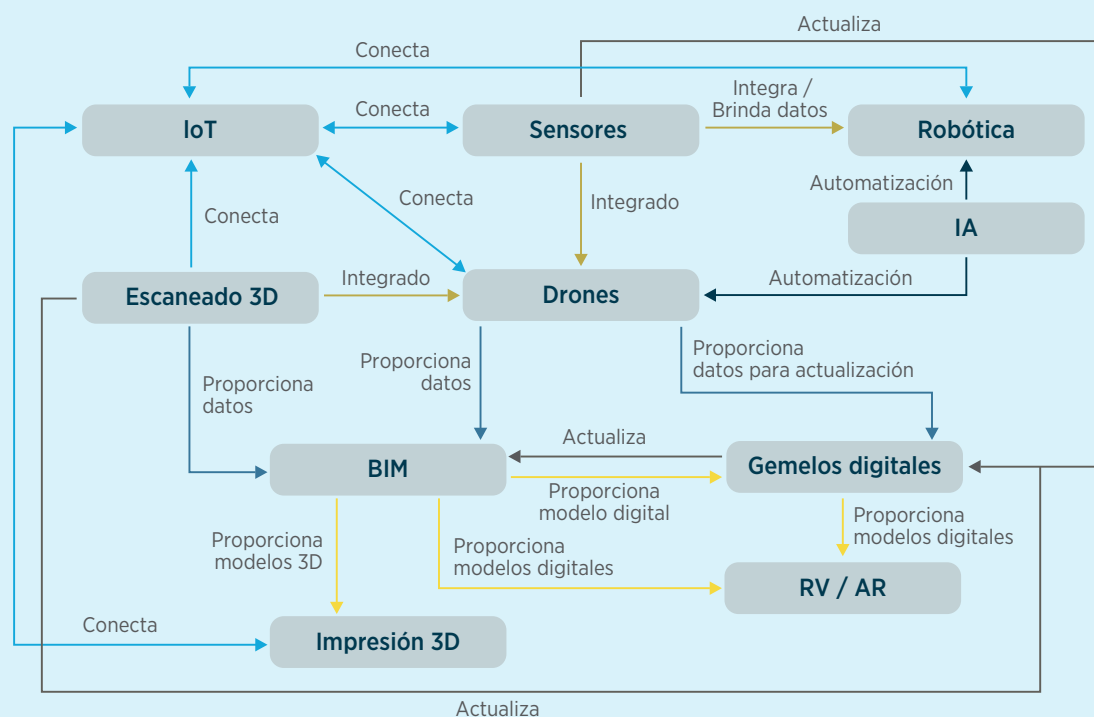
3.3.2 Beneficios ambientales

En los países de la región, y también a nivel mundial, existe una preocupación creciente por los efectos ambientales del sector de la construcción ([PNUMA, 2021](#)). BIM puede ser beneficioso para el medio ambiente de varias maneras. Se ha demostrado que el uso de BIM ayuda a acortar el ciclo de vida (incluido el mantenimiento) de los proyectos, lo cual reduce el período durante el cual se producen emisiones. Adicionalmente, al mejorar la planificación, el uso de BIM ayuda a disminuir la generación de RCD. La evidencia internacional reciente indica, en efecto, que BIM puede contribuir a cuantificar y limitar la emisión de GEI proveniente de los RCD ([Xu et al., 2019](#)) y a un manejo más sostenible de estos últimos ([Shi y Xu, 2021](#)). De acuerdo con [Comisión Europea \(2021\)](#), BIM puede disminuir la producción de desechos hasta en un 15%. De hecho, el estudio de caso de Highways England, analizado por PwC, señala una reducción estimada de 6,766 toneladas en materiales desperdiciados como resultado del Nivel 2 de BIM. El ahorro en términos de reducción de residuos y otras mejoras ambientales del proyecto debe ser valorado por la sociedad.

RECUADRO 1 MÁS ALLÁ DE BIM

La digitalización del sector de la construcción excede el uso exclusivo de BIM e incluye interacciones con diferentes tecnologías digitales avanzadas. El gráfico 1.1 contiene una descripción general ilustrativa y no exhaustiva de las interacciones entre BIM y otras tecnologías digitales avanzadas en el sector de la construcción ([Comisión Europea, 2021](#)). En el manual de EU BIM Task Group se indica que, recurriendo a numerosas fuentes, la digitalización de los procesos de ingeniería, construcción y explotación puede rendir una mejora de productividad del 10% en el sector europeo de la construcción ([EU BIM Task Group, 2017](#)). En Chile, se estima que a través de una mayor digitalización del sector de la construcción se podría lograr una mejora de productividad equivalente a US\$1.728 millones ([CChC y Matrix Consulting, 2020: 66](#)).

GRÁFICO 1.1 TECNOLOGÍAS DIGITALES COMPLEMENTARIAS Y UN DIAGRAMA NO EXHAUSTIVO DE INTERRELACIONES CON BIM



Fuente: Extraído de [Comisión Europea \(2021: 20\)](#).

(continúa en la página siguiente)

Recuadro 1 (continuación)

Adicionalmente, existe una línea cada vez más fina entre la industrialización y la digitalización. La prefabricación, que se puede caracterizar como una mayor industrialización en la construcción, se asocia con grandes ganancias de productividad ([CChC y Matrix Consulting, 2020: 223](#)). La prefabricación y la modularización de las unidades de construcción en las instalaciones de fabricación fuera del sitio de obra pueden ahorrar tiempo y mejorar la calidad de las edificaciones. BIM puede facilitar la integración y coordinación de actores mediante la mejora del flujo de información y la comunicación entre las partes interesadas del proyecto, agiliza la gestión y mitiga los errores de diseño en la prefabricación ([Mostafa et al., 2018](#)). Por su parte, la Building and Construction Authority (BCA) de Singapur considera que métodos como el diseño para fabricación y ensamblaje (DfMA) –en cuyo caso la preconstrucción se realiza fuera del sitio, en un entorno controlado, antes de efectuar ensamblaje en el sitio– ayudaron a mejorar la productividad de las obras en construcción en Singapur en un 19,5% en 2020, en comparación con 2010 ([BCA, 2022](#)). Vale destacar que, entre 2010 y 2019, Singapur tuvo un aumento anual de la productividad en la construcción del 1,8%. En ese mismo período (desde 2011), la BCA exigió la implementación de tecnología y métodos de evaluación en obras privadas y públicas ([CChC y Matrix Consulting, 2020: 168](#)).

4 Iniciativas BIM destacadas en el mundo

Los gobiernos de todo el mundo han reconocido los problemas de productividad de la industria de la construcción y las externalidades negativas que esto genera para la construcción pública. Como en todos los procesos de adopción tecnológica, aumentar el uso de BIM pasa por la instalación de capacidades de absorción tanto en el sector público como en el privado y el académico. A pesar de los numerosos beneficios ya mencionados, asociados a los proyectos de construcción que han utilizado BIM, existen barreras de implementación y se ha argumentado que el gobierno tiene un gran papel que desempeñar en la promoción de BIM, si bien las iniciativas impulsadas suelen adquirir diferentes formatos. Varios países han iniciado programas que apuntan a acelerar el uso de BIM a través del establecimiento de mandatos para la utilización obligatoria de dicha metodología en la construcción pública; el desarrollo de estándares y la generación de capacidades en el gobierno, en las empresas y en el ámbito académico universitario y de formación laboral.

Algunos países han exigido el uso de BIM en diferentes niveles y, naturalmente, se deduce que los países que tienen BIM obligatorio muestran altas tasas de adopción.⁹ El Parlamento Europeo puso en marcha una directiva para exigir a los miembros de la UE que fomenten o incluso exijan BIM en proyectos que reciban financiamiento público; el caso de Reino Unido se destaca en términos de implementación de BIM a través de esfuerzos gubernamentales ([Jiang et al., 2021](#)).

9. Una excepción es Canadá, un país con altos niveles de adopción de BIM, que no ha implementado un uso obligatorio de BIM en las obras públicas ([Jiang et al., 2021](#))

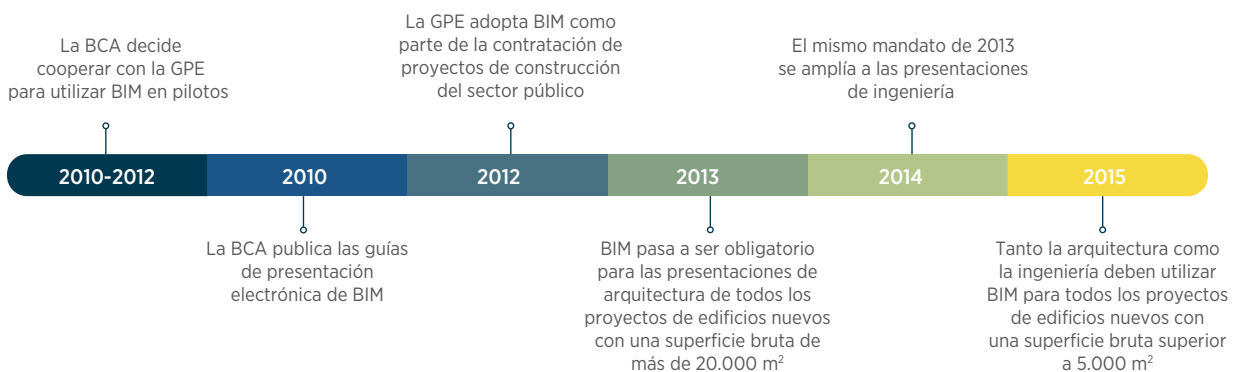
**CUADRO 2 BIM: ADOPCIÓN Y MANDATOS EN EL MUNDO
FUERA DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

PAÍS POR REGIÓN	PORCENTAJE DE ADOPCIÓN DE BIM EN LA INDUSTRIA	MANDATO
EUROPA		
Alemania	70% (de acuerdo con PlanRadar, 2021)	A partir de 2017, obligatorio para proyectos de más de €100 millones.
Croacia	25% de los diseñadores; 4% de los contratistas (de acuerdo con a O'Malley, 2021)	No existe un mandato.
Dinamarca	81% (2016)	Uso de BIM obligatorio en todos los proyectos de más de US\$870.000 dólares.
Francia	35% en el ámbito inmobiliario; 50%-60% en 16 empresas de la construcción (de acuerdo con a O'Malley, 2021)	Obligatorio a partir del 1 de enero de 2022.
Polonia	43% (2019, encuesta de Autodesk)	Será obligatorio en 2030 para los proyectos de construcción de capital con presupuesto estatal.
Reino Unido	74% (2018)	Exigencia de que todos los departamentos del gobierno central adopten el Nivel 2 de BIM (2016).
ASIA		
Japón	49% (2016)	No existe un mandato nacional.
República de Corea	58% (2012)	BIM es obligatorio para todos los proyectos gestionados por el Servicio de Contratación Pública de Corea del Sur (PPS).
Singapur	71% (2015)	Obligación de incluir BIM en la contratación de proyectos de construcción del sector público (2012). Obligación de presentar electrónicamente el BIM de arquitectura e ingeniería para todos los proyectos de edificios nuevos de más de 5.000 m ² (2015).
AMÉRICA DEL NORTE		
Canadá	71% (2016)	No existe un mandato nacional.
Estados Unidos	66%-73% (2012)	No existe un mandato nacional, pero Wisconsin lo impuso a nivel estatal, y algunas entidades nacionales como la Administración de Servicios Generales de Estados Unidos (GSA, por sus siglas en inglés) lo exigen a nivel de proyecto.

Fuentes: Elaboración propia sobre la base de PlanRadar (2021) y Jiang et al. (2021).

Los gobiernos pueden elegir y de hecho han adoptado diferentes enfoques para fomentar la adopción de BIM. El mandato de uso es una alternativa, pero las intervenciones también pueden tener como objetivo eliminar impedimentos, creando capacidades y habilidades BIM, e incentivando la adopción de BIM. En Singapur, por ejemplo, se han seguido múltiples estrategias. Allí, el cronograma para mandatos de BIM se desarrolló con relativa rapidez en el transcurso de cinco años con el propósito de alcanzar el objetivo de un 80% de uso de BIM en la industria ([Jiang et al., 2021](#)). Sin embargo, desde 2010, la Building Construction Authority (BCA) también ha seguido la estrategia de incentivar a las empresas proporcionando fondos no reembolsables a firmas calificadas. Este apoyo se materializó en el financiamiento del 50% de los costes asociados a la adopción de BIM a través de subvenciones, con un límite de US\$20.000 por solicitud y de US\$35.000 en total ([Jiang et al., 2021](#)). Además, se han puesto en marcha iniciativas para desarrollar las capacidades de las empresas, entre ellas: cofinanciamiento de hasta un 50% para formación y consultoría, con un límite de US\$7.000 por firma, y hasta el 50% de cofinanciamiento para consultoría y *software* o *hardware* para un grupo de empresas que trabajen en un proyecto, con un límite de US\$70.000 por proyecto ([BCA, 2010](#)). La BCA también elaboró y publicó una serie de guías BIM que incluyen desde los planes de ejecución, las funciones y las responsabilidades hasta los resultados, la garantía de calidad y la propiedad y los derechos ([Jiang et al., 2021](#)). Todo esto se llevó adelante en el marco de la hoja de ruta BIM de Singapur (2010-15) y de la posterior hoja de ruta BIM (2016-20). Después de haber logrado tantos avances en los primeros cinco años, avances que se han visto reflejados en la alta tasa de adopción de la industria al final del período, el enfoque se cambió en la segunda edición de la hoja de ruta y se orientó hacia la operación y el mantenimiento de edificios, así como a la investigación, el desarrollo y la innovación en BIM (Hadzaman et al. [2015], citado por [Jiang et al., 2021](#)).

GRÁFICO 3 CRONOGRAMA DE LOS MANDATOS DE BIM EN SINGAPUR



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Jiang et al. (2021).

BCA: Building Construction Authority.

GPE: Government Procuring Entity.

Reino Unido suele ser considerado como el país que establece la “regla de oro” y el pionero de los esfuerzos del sector público para contar con un mandato público de la tecnología BIM. Ha sido este país el que definió la norma BS1192: 2007, que constituye la base de la actual ISO 19650 ([Cohesive BIM Wiki, 2021](#)). En cambio, a diferencia de Singapur y Reino Unido, en Estados Unidos las iniciativas están descentralizadas, aunque han recibido aportes significativos de entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y el ámbito académico.¹⁰ También en Canadá existen iniciativas subnacionales. Por ejemplo, recientemente, el Ministerio de Economía e Innovación de la región de Quebec anunció la asignación de una contribución financiera no reembolsable de \$13,7 millones al Groupe BIM du Québec para apoyar un proyecto destinado a la transformación digital del sector de la construcción. En particular, la iniciativa prevé la producción de más de 350 diagnósticos digitales y planes de implementación digital para empresas del sector de la construcción. También permitirá ofrecer soporte y formación a más de 100 firmas que deseen implementar soluciones digitales. Un estudio reciente sobre la adopción de tecnología (más amplia que BIM, pues incluye todo tipo de tecnologías de Industria 4.0) en el ámbito de la construcción de Quebec demostró el valor que las empresas encuentran en este proceso de transformación digital, del cual BIM puede formar parte como un proceso integral ([Poirier, Staub-French y Forgues, 2015](#)).

En la región, Chile y siete países más (Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Uruguay) tienen iniciativas públicas nacionales para la adopción de BIM. Adicionalmente, estos ocho países en conjunto han conformado una red, denominada Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos, cuyo objetivo es generar una plataforma de intercambio de conocimiento y lineamientos comunes, por ejemplo, en términos de estándares. Chile ha sido el impulsor de esta iniciativa, a través de Planbim Corfo, y se hizo cargo de la presidencia de esta Red entre 2020 y 2021.

¹⁰. Por ejemplo, en 2003 la Administración de Servicios Generales de Estados Unidos (GSA), a través de su Oficina de Servicios de Edificios Públicos, puso en marcha un Programa Nacional 3D-4D-BIM. El Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS) es un organismo sin ánimo de lucro que trabaja en la integración de la administración, la industria, los investigadores y los trabajadores en las prácticas BIM. Ambas entidades han publicado guías. Por su parte, el Instituto Americano de Arquitectos viene publicando desde 2007 una serie de seis de guías destinadas a arquitectos para el uso de BIM en el diseño y las operaciones de los proyectos. Asimismo, las oficinas de Indiana University (2009), Pennsylvania State University (2009), Georgia Tech (2011) y el Massachusetts Institute of Technology (MIT) (2016) publicaron normas y guías BIM en los años detallados (Jiang et al., 2021).

**CUADRO 3 AVANCES DE LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA RED
BIM DE GOBIERNOS LATINOAMERICANOS**

PAÍS	INSTITUCIÓN LÍDER	MANDATO	ESTÁNDARES, GUÍAS O DOCUMENTOS	ÁREA PROMOTORA DE BIM
Argentina	Ministerio de Obras Públicas de la Nación (MOP)	No	Sí	SIBIM-MOP
Brasil	Ministerio de Industria, Comercio Exterior y Servicios	Sí (2029)	No	Comité de Gestión BIM (CG-BIM)
Chile	Corporación de Fomento de la Producción (Corfo) del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo	Sí (2020-25)	Sí	Planbim-Corfo
Colombia	Gobierno de Colombia	Sí (2026)	Sí	Grupo de trabajo BIM
Costa Rica	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica	No	No	Comisión Interinstitucional para la Implementación de la Metodología BIM (CII-BIM)
México	Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	No	No	SHCP
Perú	Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)	Sí (2030)	Sí	Plan Bim Perú-MEF
Uruguay	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE)	No	No	Corporación Nacional para el Desarrollo (CND-MTOPE)

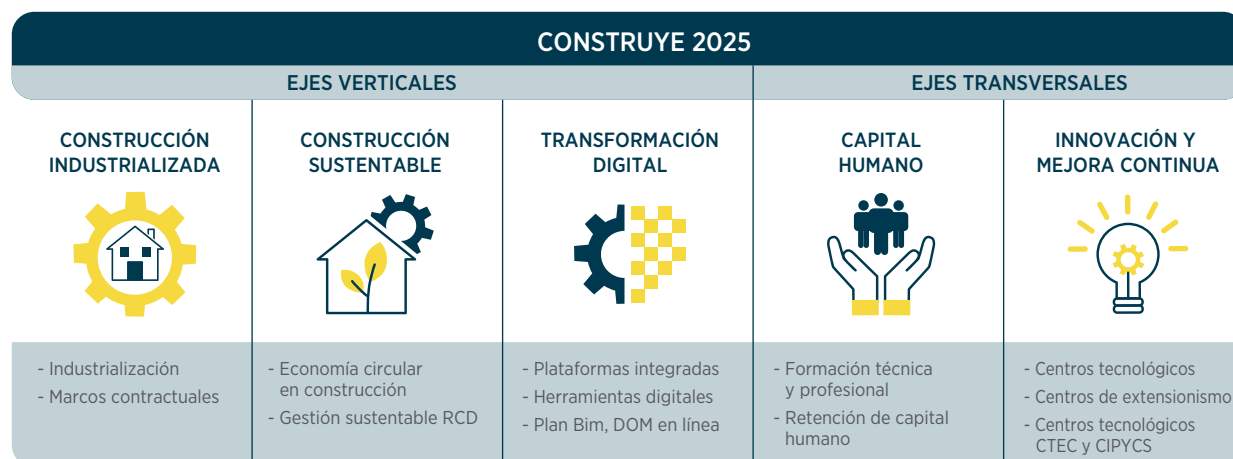
Fuente: Elaboración propia con datos de los distintos países y de la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos.

5 El Programa Construye 2025

En 2014 Chile puso en marcha el Programa Estratégico de Productividad y Construcción Sustentable, Construye 2025, impulsado por la Corfo. Este programa contiene cinco pilares bajo los cuales operan varias iniciativas. Planbim Corfo es una de las iniciativas destacadas bajo el pilar de la transformación digital.

Como suele suceder en el caso de la adopción de nuevas tecnologías y de la innovación tecnológica en general, hay muchos factores que justifican una intervención pública para estimular el desarrollo de iniciativas de digitalización, innovación y creación de capacidades relacionadas en el sector chileno de la construcción. En particular, Construye 2025 se dirige a abordar varios problemas que son ampliamente conocidos para fomentar una inversión óptima a nivel de empresa en innovación y adopción de nuevas tecnologías. A continuación, se describen las intervenciones del programa mencionado, junto con su justificación en términos y clasificaciones similares a los de los sistemas de innovación. Las siguientes subsecciones se centran en las iniciativas que se encuentran destacadas en los recuadros de color azul claro del gráfico 4, cuyas actividades específicas se relacionan con: i) las mejoras en innovación realizadas por el Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTEC) y el Centro Interdisciplinario para la Productividad y Construcción Sustentable (CIPYCS), y ii) el apoyo en la transformación digital, con foco en Planbim Corfo y un esbozo de las Direcciones de Obras Municipales (DOM) en línea.

GRÁFICO 4 EJES QUE CONFORMAN EL PROGRAMA CONSTRUYE 2025



Fuente: Construye 2025 ([link](#)).

Las iniciativas destacadas y las intervenciones de políticas puestas en práctica en los pilares de innovación y mejora continua y de transformación digital son las siguientes:

- El CTEC, el CIPYCS y la iniciativa Innovación Abierta de Corfo han sido los ganadores del Programa de Centros Tecnológicos para la Innovación de Corfo (2018), con foco en mejoras tecnológicas e innovaciones.
- Se ha llevado adelante el apoyo de la innovación a través de centros tecnológicos con foco sectorial (en este caso, en construcción), programas de innovación abierta y/o bancos de pruebas. Estos instrumentos permiten ayudar a las empresas con inversiones en innovaciones o experimentaciones con tecnologías y a minimizar riesgos para explorar las potencialidades del BIM y de tecnologías complementarias.
- El CTEC cuenta con un amplio abanico de servicios para las empresas del sector: vigilancia tecnológica, inteligencia de datos, asesoramiento en la adopción de metodologías BIM/TVD/IPD, prototipado, validación y certificación tecnológica, y capacitaciones.
- El CIPYCS abarca cuatro iniciativas: EVI Lab (diseño y construcción virtual), PEP Lab (prototipado a escala real), IMA Lab (Infraestructura Modular Adaptativa) y Observatorio VISTA (*smart data* y geoestadística) (véase: <https://cipycs.cl/>).
- La iniciativa [Innovación Abierta de Corfo](#): esta iniciativa¹¹ buscó soluciones innovadoras y tecnológicas al desafío planteado de “digitalizar la construcción” para el sector en el país.

11. Impulsada por la plataforma de innovación y emprendimiento de la Universidad de Chile OpenBeauchef (OB), la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), el Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTEC) y la Corfo.

**CUADRO 4 RESULTADOS DE LOS CENTROS CTEC Y CIPYCS DE APOYO A
INVERSIÓN EN INNOVACIÓN Y LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA CON INCLUSIÓN
DE BIM PARA MEJORAR EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE, 2022**

PROBLEMA	APOYO	LOGROS
Bajos niveles de innovación y adopción de nuevas tecnologías (incluyendo BIM) y prácticas	<p>Apoyo de centros tecnológicos: específicamente del Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTEC)</p>	<p>Acciones y productos que respalda el CTEC:</p> <p>Empresas que han recibido apoyo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tres obtuvieron la certificación BIM bajo la norma ISO 19.650. • Dos ganaron licitaciones de proyectos públicos. • Dos presentaron proyectos con potencial para el mercado. • Una empresa recibió apoyo con un proyecto de investigación y desarrollo (I+D) que generaba derechos de propiedad intelectual (patentes); productos o procesos (nuevos o mejorados) compartidos con otras firmas. • 15 empresas realizaron una innovación. • 91 personas obtuvieron capacitación en certificación para viviendas sostenibles (véase https://cvschile.cl/#/home).
	<p>Apoyo de centros tecnológicos: específicamente del Centro Interdisciplinario para la Productividad y Construcción Sustentable (CIPYCS)</p>	<p>Acciones y productos con apoyo del CIPYCS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las Experiencias Virtuales Inmersivas (EVI) han iniciado tres proyectos de I+D y tres asesorías. De los tres proyectos, uno terminó. Su resultado es una metodología para evaluar la madurez en BIM, considerando sinergias con Lean Construcción. Los otros dos proyectos no han finalizado y están desarrollando productos para ser comercializados por CIPYCS. • Las tres asesorías han consistido en la elaboración de prototipos para exploración de modelos BIM y una simulación de desastres naturales para el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN) (Centro Fondap).

Fuente: Elaboración propia.

6 Planbim Corfo

Planbim es un programa creado en 2016 con una duración inicial de 10 años, es decir, hasta 2025 ([Construye 2025](#)). Fue impulsado por Corfo en el marco del Construye 2025, y comenzó con dos metas: i) promover la utilización de la metodología BIM para el desarrollo y la operación de proyectos de edificación e infraestructura pública para 2020, y ii) incorporar BIM en proyectos privados a partir de su integración con las DOM en línea para 2025 de modo de agilizar los trámites que se realizan en las DOM.

El objetivo de Planbim Corfo es incrementar la productividad y la sostenibilidad social, económica y ambiental de la industria de la construcción mediante la incorporación de procesos, metodologías de trabajo y tecnologías de la información y la comunicación que habiliten, faciliten y promuevan su modernización. Con esto se apunta a lograr el mencionado aumento de productividad y sostenibilidad a lo largo de todo el ciclo de vida de las obras, desde su diseño hasta su operación.

Planbim Corfo lanzó el primer estándar BIM latinoamericano en junio de 2019 y ha invertido importantes esfuerzos en la generación de capacidades para su uso en el sector público y privado, así como en la incorporación de BIM en los planes de estudio de la enseñanza superior y técnica. A continuación, se describen las distintas fallas de mercado y los cuellos de botella que busca resolver Planbim Corfo:

- 1) Abordar las fallas de coordinación: como se describe en [Navarro, Benavente, y Crespi \(2016\)](#), estas fallas suelen ser un gran obstáculo para poner en práctica una nueva tecnología en cualquier entorno productivo. Esto se debe a la limitada capacidad de absorción de algunos usuarios (especialmente las pequeñas y medianas empresas), lo que aumenta los costos de transacción y restringe la difusión de la tecnología. Los autores señalan que el establecimiento y la regulación de estándares mínimos de productos y procesos ([Navarro, Benavente y Crespi, 2016: 25](#)) es una de las medidas que puede ayudar a paliar el problema.
- 2) Planbim Corfo desarrolló el [Estándar BIM para Proyectos Públicos](#) y construyó términos de referencia para solicitar BIM de manera estandarizada en diversas tipologías de proyectos del Estado. El estándar desgrana de manera muy detallada (profundizando en cada aspecto que se menciona de forma más general en la ISO 19650) todos los aspectos relativos a la incorporación de BIM en los proyectos públicos y, de manera similar al caso de Finlandia, el estándar se ha convertido en un recurso ampliamente utilizado no solo por las empresas dentro de Chile, sino también como referencia para otros países de América Latina y el Caribe.
- 3) Además de las clásicas fallas de mercado, la fragmentación sectorial y la falta de coordinación (incluida la comunicación) entre los distintos niveles y partes del gobierno pueden crear

brechas de políticas capaces de exacerbar las deficiencias de coordinación del mercado o, en el mejor de los casos, de dejarlas de lado ([Charbit, 2011](#)). El flujo de información entre actores públicos es importante. Planbim Corfo desempeña un papel fundamental a la hora de facilitar la coordinación a través de una mejor comunicación para que las distintas instituciones públicas que licitan o administran proyectos (Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda, Poder Judicial, entre otras) puedan tener un entendimiento común acerca de la forma en que BIM les puede ayudar a mejorar la calidad de sus proyectos (entrevista documentada en [Lacaze, 2020](#)). Adicionalmente, mientras Planbim Corfo está desarrollando estándares y capacitaciones, también está llevando adelante el diálogo entre actores y construyendo redes con otros países de América Latina y Europa ([Lacaze, 2020](#)).

4) Información asimétrica, imperfecta o incompleta: cabe considerar que, para aprovechar tecnologías complejas como BIM, los usuarios necesitan altos niveles de conocimiento técnico especializado, y que no todos los actores económicos cuentan con información suficiente para tomar decisiones informadas acerca de la conveniencia y de las alternativas para su adopción y su uso ([Arnold et al., 2014](#)). Por eso, vale considerar las siguientes acciones de Planbim Corfo:

- A través de seminarios, talleres en línea y charlas presenciales, se ha creado un espacio para que las empresas conozcan más sobre los beneficios potenciales de la tecnología BIM. Planbim Corfo ha desarrollado plataformas, tutoriales y guías técnicas para una mejor comprensión de BIM.
- Además, las empresas deben identificar cuál es el punto de partida acerca de sus competencias BIM. Para eso, Planbim Corfo ha desarrollado la plataforma MIBIM, anteriormente mencionada.
- Los bancos y laboratorios de pruebas, que permiten la experimentación, ofrecidos por el CTEC y el CIPYCS, ayudan a las empresas a comprender mejor las ramificaciones de las tecnologías que pueden contribuir a la toma de decisiones de inversión más informadas.

5) Capacidades: en las empresas suelen faltar capacidades (activos complementarios), como las habilidades necesarias de gestión, las destrezas técnicas y/o los recursos para contratar personas que las detentan o para capacitar a los trabajadores titulares. Esto limita la capacidad de absorción para aprovechar las oportunidades asociadas con la adopción de nuevas tecnologías ([Arnold et al., 2014](#); [Navarro, Benavente y Crespi, 2016](#)):

- Planbim Corfo ha trabajado con la industria y el ámbito académico para definir una Matriz de Roles y Capacidades BIM que se integren en los planes de estudio de las universidades y los centros de formación. Asimismo, junto con el Ministerio de Educación (Mineduc) y otras instituciones públicas y privadas, ha impulsado la incorporación de BIM en los liceos de enseñanza media técnico-profesional.

6) Estimulación de la adopción tecnológica con intervención de demanda: requerimiento del uso de BIM. Mientras que las tres intervenciones políticas anteriores podrían caracterizarse como enfoques de bien público, la siguiente está más estrechamente relacionada con el mercado. El requerimiento del uso de BIM en proyectos de construcción pública a gran escala es una especie de híbrido entre la regulación y los incentivos de la contratación pública. De acuerdo con el sitio web de Planbim Corfo, dentro de las metas de este programa se destaca la implementación de la metodología BIM para el desarrollo y la operación de proyectos de edificación e infraestructura pública para 2020, y también la incorporación de BIM en proyectos privados para 2025.

6.1 Logros de Planbim Corfo hasta 2022

CUADRO 5 RESULTADOS DE PLANBIM EN EL FOMENTO DE LA ADOPCIÓN DE BIM PARA MEJORAR EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE

	FALLAS DE MERCADO	POLÍTICAS VERTICALES GENERALES	LOGROS
BIEN PÚBLICO	Falla de coordinación	<p>Estandarización</p> <p>Interoperabilidad</p>	<p>Acciones y productos de Planbim:</p> <ul style="list-style-type: none"> Estándar BIM para Proyectos Públicos: 37.185 descargas. Guías de la Industry Foundation Classes (IFC), Matriz de Roles, Matriz de Información de Entidades, Plantillas Plan de Ejecución BIM: 45.193 descargas. Tipologías de proyectos con solicitud de información BIM: 31 correspondientes a 19 tipologías de proyectos. Convenios con proveedores de <i>software</i> BIM: 11 empresas (el convenio concluyó en diciembre de 2021).
	Asimetrías de información	<p>Difusión/ estrategia comunicacional participativa</p> <p>Sensibilización sobre BIM</p>	<p>Acciones y productos de Planbim:</p> <ul style="list-style-type: none"> Seminarios presenciales: 11 sesiones con 2.874 asistentes. Talleres: 184 instancias (incluye mesas de trabajo) con 3.578 asistentes. Charlas presenciales en Chile: 90 charlas con 4.927 asistentes. Charlas en línea: 45 con 8.036 asistentes. Redes sociales: 32.629 seguidores. Visitas al sitio de web de Planbim: 8.458/mes (promedio 2021). Apariciones en medios gráficos y digitales: 185 (audiovisuales y escritos). 691 autoevaluaciones de 211 organizaciones públicas, privadas y académicas a través de la plataforma MIBIM.

(continúa en la página siguiente)

Cuadro 5 (continuación)

	FALLAS DE MERCADO	POLÍTICAS VERTICALES GENERALES	LOGROS
BIEN PÚBLICO	Capacidades débiles	Capacitaciones específicas del sector	<p>Acciones y productos de Planbim:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apoyo a la integración de BIM en los planes de estudio (instituciones educativas que cuentan con enseñanza de BIM en Chile de 2016 a 2020: universidades, un 44% a un 83,5% [+39,5%]; institutos profesionales o centros de formación técnica, un 15% a un 79,7% [64,7%]). • Alumnos y docentes capacitados en BIM: Proyecto e+bim (2019-22): <ul style="list-style-type: none"> – Profesores: 105. – Alumnos: 1.277. • Curso de e-Learning de introducción a la metodología BIM: 10.253 cupos otorgados. • Material de apoyo: <ul style="list-style-type: none"> – Cuatro cursos asincrónicos disponibles en la página web de Planbim (Diseño de instalaciones sanitarias y de gas, Diseño de instalaciones eléctricas, Diseño de instalaciones de climatización, Introducción de BIM para la revisión de proyectos). – Cuatro guías IFC para Modelos BIM (Modelo de Sitio, Modelo Volumétrico, Modelo de Arquitectura y Modelo MEP de Electricidad). – Tres fichas de entidades IFC específicas (Puentes, Equipamiento hospitalario y clínico, Elementos de refuerzo y conexión estructural). – 12 videos tutoriales sobre el Estándar BIM para Proyectos Públicos. <p>Acciones y productos apoyados por Corfo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Becas en formación técnico-profesional BIM: 1.542.
HÍBRIDO: BIEN PÚBLICO E INTERVENCIÓN DE MERCADO	Adopción tecnológica	Requerimientos BIM en proyectos públicos	<p>Acciones y productos apoyados por Planbim:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entre 2013 y 2020, en el Observatorio BIM se analizaron en Chile 1.990 licitaciones de proyectos públicos de las siguientes instituciones: <ul style="list-style-type: none"> – Ministerio de Obras Públicas. – Ministerio de Salud. – Corporación Administrativa del Poder Judicial. • El 6,6% (131) de esas licitaciones contó con requerimientos BIM y representan el 69,9% (US\$11.910 millones) de la inversión pública estudiada.

Fuentes: Los logros del Planbim provienen de “20210324_Presentación Planbim” y “20210324_Presentación Planbim”; CTEC y CIPYCS.

Nota: El proyecto e+bim busca incorporar la enseñanza de BIM en los liceos técnicos de todo Chile, para alinear las competencias de los alumnos y docentes de la educación media técnico-profesional con los requerimientos de la industria de la construcción 4.0. En el marco de este convenio se ha logrado la capacitación de 1.277 alumnos y de 105 profesores de seis regiones; además se han gestionado 44 prácticas profesionales y se realizó la modificación de los programas académicos de la especialidad de dibujo técnico.

7 ¿Qué falta por hacer?

En resumen, la tracción de Planbim Corfo para fomentar la adopción de la metodología BIM en Chile se ha traducido en grandes avances en términos de iniciativas públicas, tanto para la difusión de información como para la coordinación entre los actores públicos, privados y del sector académico en Chile, así como con el resto de la región de América Latina y el Caribe. La coordinación público-pública dentro del país aún podría fortalecerse para impulsar los requisitos BIM y aumentar la cantidad de proyectos que se construyen utilizando la metodología y el estándar BIM, tanto públicos como privados.

En el sector público, es necesario realizar esfuerzos continuos a fin de seguir apoyando el aumento de la adopción de BIM, e intervenir para solucionar las fallas de coordinación y las asimetrías de información, y lograr el desarrollo de capacidades. Adicionalmente, es necesario mejorar los indicadores de medición de iniciativas a nivel del Estado, aumentar el seguimiento de casos exitosos y generar más iniciativas de apoyo transversal a ministerios.

De acuerdo con [CNP \(2020\)](#), Planbim Corfo ha estado colaborando con algunas entidades públicas, pero, en la actualidad, entidades como el MOP no mantienen una colaboración formal con Planbim Corfo y se carece de documentación para varios casos concretos de éxito en el país ([CNP, 2020: 482-483](#)). Esto puede estar relacionado con las fallas de coordinación del sector público mencionadas anteriormente, es decir, con lo que deben hacer los diferentes actores del sector público para cuidar mejor de un bien público. En otras palabras, se trata de lo que debe hacerse para coordinar realmente los esfuerzos en términos de normalización, regulación, construcción de una plataforma y formación e información sobre el DOM en línea.

En el sector privado, el apoyo continuo a la integración de BIM y DOM en línea es crucial para la construcción de una plataforma que permitirá revisar la información de manera automatizada a través de los modelos BIM, en reemplazo de la gestión presencial. Actualmente, los trámites que se realizan en las DOM son en persona y en papel. La lógica detrás de DOM en línea es evitar pérdidas de tiempo para solicitantes y revisores, y asegurar que los procesos se simplifiquen y las herramientas y la calidad de los servicios sean iguales para los ciudadanos, los profesionales del área de la construcción y los funcionarios municipales.¹² Se espera que el uso de la plataforma sea obligatorio y se despliegue en forma gradual hacia 2023 en todos los municipios y que la integración de BIM se haga efectiva para 2025.

12. Véase el sitio de DOM en línea: <https://domenlinea.minvu.cl/#:-:text=El%20Ministerio%20de%20Vivienda%20y,%2C%20subdivisi%C3%B3n%2C%20urbanizaci%C3%B3n%2C%20regularizaciones%20y>.

Adicionalmente, se pueden considerar las siguientes iniciativas:

- Lanzar un fondo como el de Singapur que logre acelerar/masificar el uso de BIM en las empresas.
- Continuar respaldando con más fuerza el rol de los centros tecnológicos, quizá con un programa más intensivo en acompañamiento, que complemente la implementación del fondo de apoyo a las empresas.
- En términos de investigación, la revisión de la literatura internacional que se ha efectuado aquí, con la inclusión de Chile, muestra que muchos trabajos se basan en los beneficios percibidos por las firmas o en las encuestas nacionales destinadas a identificar las razones de la utilización de BIM o los obstáculos para su uso. Sería útil contar con más frecuencia con estudios rigurosos de evaluaciones de impacto y estudios longitudinales con indicadores y medidas de éxito que permitan de manera sistemática seguir la adopción tecnológica en proyectos o empresas chilenas contractados por el sector público. En efecto, según el informe de [CNP \(2020\)](#), uno de los principales obstáculos que impiden una mayor adopción de BIM en Chile tiene que ver con el diseño de indicadores a nivel de proyectos ([CNP, 2020: 482-483](#)). La evaluación de impacto de BIM en los proyectos presenta dos retos principales: i) la falta de líneas base con indicadores de los proyectos públicos; ii) las dificultades para demostrar la causalidad directa entre las variaciones de variables tales como costo y tiempo y el efecto de BIM. En este sentido, es necesario llevar a cabo más trabajo de investigación para generar mayores y mejores datos de impacto que permitan convencer acerca de los beneficios de BIM y, por ende, lograr una mayor adopción.
- Ampliar el trabajo con BIM hacia un enfoque más extenso en digitalización e investigación y desarrollo (I+D) para la construcción, incorporando criterios de sostenibilidad. Existe potencial para aprovechar los avances logrados hasta ahora, construyendo sobre el impulso para digitalizar la economía que ha surgido con la pandemia: mejor relación calidad-precio (*value for money*) del sector público, mayor productividad de las empresas, nuevas oportunidades de negocios, y más recursos humanos con habilidades digitales, lo cual permite acceder a mejores oportunidades laborales. Por ejemplo, se puede apoyar una digitalización más amplia, considerando todas las tecnologías digitales complementarias (véase el recuadro 1), así como la industrialización, que también puede ir de la mano con BIM y servir para lograr aún mayores beneficios en materia de productividad y sostenibilidad para el sector. Más allá del tipo de tecnologías ya comentadas, existen algunas innovaciones realmente disruptivas, como, por ejemplo, las correspondientes a los materiales animados.¹³ Brindar más apoyo a la innovación permitirá explorar la próxima frontera tecnológica del sector, y necesitará inversiones signifi-

13. Véase este podcast de [The Economist](#) (a partir del min. 19.32) y [el Royal Society en Londres](#), como parte del futuro de la industria de la construcción.

cativas en innovación y desarrollo tecnológico en una variedad de formas, como bancos de pruebas, laboratorios, creación y difusión de conocimiento, desarrollo de capital humano, etc.

- Finalmente, si se toma en cuenta la lógica de la economía circular en la construcción, podría haber una mayor integración de nuevas tecnologías y componentes de industrialización, como la prefabricación.¹⁴ BIM podría cumplir un papel importante para facilitar la reducción de residuos y la disminución de los tiempos del proyecto, y para lograr mejores resultados para el medio ambiente.

14. Véase, por ejemplo: [Construye2025 y AOA impulsan el diseño circular en la construcción - RCD Estrategia Sustentable](#).

8 Referencias

- AIE (Agencia Internacional de la Energía). 2020. *Energy Technology Perspectives*. París: AEI. Disponible en: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf.
- Arnold, E., K. Farla, P. Kolarz y X. Potau. 2014. *The Case for Public Support of Innovation*. Londres: Department for Business, Innovation and Skills. Londres: Department for Business, Innovation and Skills. Disponible en: [The case for public support of Innovation \(ioe.ac.uk\)](http://www.ioe.ac.uk/the-case-for-public-support-of-innovation/)
- Azhar. 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership Management*, 11(3): 241-252.
- Aziz, R. F. y S. M. Hafez. 2013. Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal* 52(4): 679-95. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>.
- Banco Central de Chile. 2022. Cuentas nacionales anuales 2021. Santiago de Chile: Banco Central de Chile. Disponible en: <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/estadisticas/cuentas-nacionales-anuales>.
- BCA (Building Construction Authority). 2022. The Productivity Challenge: How construction firms are doing more with less. Singapur: BCA. Disponible en: <https://www1.bca.gov.sg/buildsg-emag/articles/the-productivity-challenge-how-construction-firms-are-doing-more-with-less>.
- Berlak, J., S. Hafner y V. G. Kuppelwieser. 2021. Digitalization's impacts on productivity: a model-based approach and evaluation in Germany's building construction industry, *Production Planning & Control*, 32:4, 335-345. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1740815>.
- Bryde, D., M. Broquetas y H. M. Volm. 2013. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, Vol. 31(7) (octubre): 971-980. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786312001779>.
- CChC (Cámara Chilena de la Construcción). 2019. El Sector de la Construcción ante el Desafío Climático Global. Santiago de Chile: CChC.
- . 2021. Informe Mach 59, diciembre. Santiago de Chile: Gerencia de estudios CChC.
- . 2022. Informe Mach 60, marzo. Macroeconomía y construcción. Santiago de Chile: Gerencia de estudios CChC. Disponible en: <https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Informe-MACH-60.pdf>.

- CChC y Matrix Consulting. 2020. Impulsar la productividad de la industria de la construcción en Chile a estándares mundiales. Santiago de Chile: CChC y Matrix Consulting. Disponible en: https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/ResumenEjecutivo_Estudio_de_Productividad_Construcci%C3%B3n2020.pdf.
- CDT (Corporación de Desarrollo Tecnológico). 2021. Lanzamiento del Estudio del Índice de Transformación Digital en la Construcción 2021. Santiago de Chile: CDT. Disponible en: <https://www.cdt.cl/lanzamiento-estudio-del-primer-indice-de-transformacion-digital-en-la-construccion-2021/>.
- Charbit, C. 2011. Governance of Public Policies in Decentralised Contexts: The Multi-level Approach. OECD Regional Development Working Papers, 2011/04. París: OCDE. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/5kg883pkxkhc-en>.
- CNP (Comisión Nacional de Productividad). 2020. Productividad en el Sector de la Construcción. Santiago de Chile: CNP. Disponible en: https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/Informe_Productividad_en_la_Construccion_nov2020-CNP.pdf.
- Cohesive BIM Wiki. 2021. Designing Buildings. Disponible en: [BS 1192 - Designing Buildings](#).
- Comisión Europea. s/f. Building and Construction. Bruselas: Comisión Europea. Disponible en: [Buildings and construction \(europa.eu\)](#).
- . 2021. European Construction Sector Observatory. Analytical Report. Digitalisation in the Construction Sector. Bruselas: Comisión Europea. Disponible en: [DocsRoom - European Commission \(europa.eu\)](#).
- Crespi, G. Guillard, C., Salazar, M., y F. Vargas. Harmonized Latin American Innovation Surveys Database (LAIS): Firm-Level Microdata for the Study of Innovation. Washington, D.C.: BID. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/harmonized-latin-american-innovation-surveys-database-lais-firm-level-microdata-study-innovation-0>.
- Digital Europe. 2021. Digital Action/Climate Action: 8 ideas to accelerate the twin transition. Disponible en: https://digital-europe-website-v1.s3.fr-par.scw.cloud/uploads/2021/10/DIGITALEUROPE_Digital-action-Climate-action.pdf.
- Dodge Data & Analytics. 2017. Design and Construction Intelligence SmartMarketReport. Disponible: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/finance/us-fas-bim-infrastructure.pdf>.
- EBOSS. 2020. BIM in New Zealand—an industry-wide view 2020. Auckland: EBOSS. Disponible en: [BIM-Benchmark-Survey-2020.pdf \(squarespace.com\)](#).
- EU BIM Task Group. 2017. Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo. Disponible en: www.eubim.eu/wp-content/uploads/2018/02/GROW-2017-01356-00-00-ES-TRA-00.pdf.

- FEM (Foro Económico Mundial). 2016. Shaping the Future of Construction. Ginebra: FEM.
- Franz, B. y J. Messner. 2017. Evaluating the Impact of BIM on Project Performance Computer Integrated Construction (CIC) Research Program. White Paper, 1 October 27. University of Florida and PennState University. Disponible en: https://www.pankowfoundation.org/site/assets/files/1920/franz_and_messner_-_evaluating_the_impact_of_bim_on_project_performance_-_2018.pdf.
- Gallaher, M. P., A. C. O'Connor, J. L. Dettbarn, Jr. y L. T. Gilday. 2004. Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. NIST GCR 04-867. Gaithersburg, MA: NIST. Disponible en: [Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry \(nist.gov\)](http://www.nist.gov/pml/cx/interoperability/cost-analysis-of-inadequate-interoperability-in-the-u.s.-capital-facilities-industry).
- Gobierno de Chile. 2021. Estrategia climática de largo plazo de Chile. Santiago de Chile: Gobierno de Chile.
- Hoffer, E. R. 2016. Achieving Strategic ROI. Measuring the Value of BIM. Mill Valley, CA: Autodesk. Disponible en: [Is-it-Time-for-BIM-Achieving-Strategic-ROI-in-Your-Firm_ebook_BIM_final_200.pdf \(autodesk.net\)](https://www.autodesk.com/press-releases/achieving-strategic-roi).
- Jiang, R., Ch. Wu, X. Lei, A. Shemery, K. D. Hampson y P. Wu. 2021. Government efforts and roadmaps for building information modeling implementation: lessons from Singapore, the UK, and the US. *Engineering Construction & Architectural Management* 2021. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/350356645>.
- Lacaze, L. 2020. Encuesta BIM: América Latina y el Caribe 2020. Washington, D.C.: BID. Disponible: <https://publications.iadb.org/es/encuesta-bim-america-latina-y-el-caribe-2020>.
- Mischke, J. J. Woetzel, S. Smit, J. Manyika, M. Birshan, E. Windhagen. J. Schubert, S. Hieronimus, G. Dagorret y M. C. Nogue. 2021. Will productivity and growth return after the COVID-19 crisis? Informe del 30 de marzo. McKinsey & Co. Disponible en: [Will productivity and growth return after the COVID-19 crisis? | McKinsey](https://www.mckinsey.com/industries/construction/our-insights/will-productivity-and-growth-return-after-the-covid-19-crisis).
- Mostafa, S., K. P. Kim, V. W. Y. Tam y P. Rahnamayiezekavat. 2020. Exploring the status, benefits, barriers and opportunities of using BIM for advancing prefabrication practice. *International Journal of Construction Management*, 20(2). Disponible en: [Exploring the status, benefits, barriers and opportunities of using BIM for advancing prefabrication practice: International Journal of Construction Management: Vol 20, No 2 \(tandfonline.com\)](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15393099.2020.1811111).
- Navarro, J. C., J. M. Benavente y G. Crespi. 2016. The New Imperative of Innovation: Policy Perspectives for Latin America and the Caribbean. Washington, D.C.: BID. Disponible en: [The New Imperative of Innovation: Policy Perspectives for Latin America and the Caribbean \(iadb.org\)](https://publications.iadb.org/eng/publication/P1601021).

- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2020. Reconstruir mejor: por una recuperación resiliente y sostenible después del COVID-19. París: OCDE. Disponible en: [Reconstruir mejor: por una recuperación resiliente y sostenible después del COVID-19 \(oecd.org\)](https://www.oecd.org/).
- Oficina de Gabinete de Reino Unido. 2015. Government Construction Cost Reductions, Cost Benchmarks, & Cost Reduction Trajectories to March 2015. Londres: Oficina de Gabinete de Reino Unido. Disponible en: [Cabinet Office word template - 2009 \(publishing.service.gov.uk\)](https://www.publishing.service.gov.uk/).
- Planbim Corfo. 2022. Memoria Planbim 2016-2022. Santiago de Chile: Planbim.
- Planradar. 2021. BIM adoption in Europe: 7 countries compared. Disponible en: <https://www.planradar.com/bim-adoption-in-europe/>.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2021. Global Status for Buildings and Construction. Nairobi: PNUMA. Disponible en: [2021 Buildings-GSR - Executive Summary ENG.pdf \(globalabc.org\)](https://www.globalabc.org/).
- Poirier, E., S. Staub-French y D. Forgues. 2015. Measuring the impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research. *Automation in Construction*, Vol. 58 (octubre) : 74-84. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580515001454>.
- PwC (Price Waterhouse Coopers). 2018a. BIM Level 2 Benefits Measurement Methodology. Londres: PwC. Disponible en: [3. pwc_benefits_measurement_methodology.pdf \(cam.ac.uk\)](https://www.cam.ac.uk/).
- . 2018b. BIM Level 2 Benefits Measurement Application of PwC's BIM Level 2 Benefits Measurement Methodology to Public Sector Capital Assets. Londres: PwC.
- Shi, Y. y J. Xu. 2021. BIM-Based information system for econo-enviro-friendly end-of-life disposal of construction and demolition waste. *Automation in Construction* 125: 103611. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103611>.
- Tala González, N. 2015. Identificación de causas que generan modificación de plazos y costos, en contratos de ejecución de obras públicas entre los años 2005 y 2015. Tesis Magister en Administración de Construcción. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Walker, A. 2019. Why the Benefits of BIM make it a no-brainer—not a burden. [Texto de blog, 22 de febrero.] Londres: PwC. Disponible en: [Why the benefits of BIM make it a no-brainer - not a burden - Industry Insights - PwC UK blogs](https://www.pwc.com/uk/en/industry-insights/bim/why-the-benefits-of-bim-make-it-a-no-brainer-not-a-burden-industry-insights-pwc-uk-blogs).
- Xu, J., Y. Shi, Y. Xie y S. Zhao. 2019. A BIM-Based construction and demolition waste information management system for greenhouse gas quantification and reduction. *Journal of Cleaner Production* 229: 308-24. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.158>.

